

⑨ 日本国特許庁 (JP)

⑩ 特許出願公開

⑪ 公開特許公報 (A)

昭62-157598

⑫ Int. Cl. 1

G 21 D 3/08

識別記号

GDB

厅内整理番号

E-7156-2G

⑬ 公開 昭和62年(1987)7月13日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称 原子炉水位制御装置

⑮ 特願 昭60-297759

⑯ 出願 昭60(1985)12月30日

⑰ 発明者 藤波 優 東京都港区芝浦1丁目1番1号 株式会社東芝本社事務所内

⑰ 発明者 宮本 千賀司 東京都千代田区内幸町1丁目1番7号 日本原子力事業株式会社内

⑰ 出願人 株式会社東芝 川崎市幸区堀川町72番地

⑰ 出願人 日本原子力事業株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番7号

⑯ 代理人 弁理士 波多野 久 外1名

明細書

1. 発明の名称

原子炉水位制御装置

3. 原子炉出力信号は原子炉水位、給水流量および主蒸気流量の信号とともに、原子炉予想水位を算出するファクタとして入力される特許請求の範囲第1項記載の原子炉水位制御装置。

2. 特許請求の範囲

1. 原子炉水位、給水流量および主蒸気流量の信号から原子炉水位を予想し、この原子炉予想水位と原子炉水位設定値とを比較することにより必要給水流量を決定して、原子炉水位を先行的に制御する原子炉水位制御装置において、原子炉出力信号を入力し、上記原子炉水位、給水流量、主蒸気流量および原子炉出力の信号から必要給水流量を決定するよう構成されたことを特徴とする原子炉水位制御装置。

2. 原子炉出力信号は、原子炉予想水位と原子炉水位設定値とを比較して必要給水流量を決定した後、この必要給水流量を補正するよう入力される特許請求の範囲第1項記載の原子炉水位制御装置。

3. 発明の詳細な説明

(発明の技術分野)

この発明は、原子炉水位制御装置に係り、特に沸騰水型原子炉に適用されて好適な原子炉水位制御装置に関するものである。

(発明の技術的背景とその問題点)

沸騰水型原子炉における原子炉水位の制御は、原子炉水位信号、給水流量信号および主蒸気流量信号を用いて給水流量を調整し、実際の原子炉水位と原子炉水位設定値との偏差を零にすることにより行なわれる。

第5図は、従来の原子炉水位制御装置を示すブロック線図である。

原子炉水位検出器1で検出された原子炉水位信号が、原子炉水位設定器3に記憶された原子炉水

位設定値を下回っている場合は、その偏差が加減演算器5によって算出される。この場合には、その偏差がPID制御器7に入力され、このPID制御器7が原子炉への給水流量を増加させる信号を発して、原子炉水位を回復させる。また、実際の原子炉水位が原子炉水位設定値を上回っている場合には、PID制御器7が給水流量を減少させる信号を出力して、原子炉水位を回復する。

さらに、原子炉出力の変動等によって主蒸気流量が変化した場合、例えば主蒸気流量が低下して整定する場合について説明する。この場合には、まず主蒸気差圧検出器9および開平演算器11で検出された主蒸気流量と、給水差圧検出器13および開平演算器15で検出された給水流量との偏差を、加減演算器17によって求める。次に、この偏差と原子炉水位検出器1からの原子炉水位とに基づいて、加減演算器19にて原子炉水位の上昇を予測する。その後、加減演算器5にて原子炉予想水位と原子炉水位設定値とを比較し、PID制御器7から給水流量を減少させる信号を出力し

中破線aのように抑制され、やがて原子炉水位設定値D近くに落ち付く。

したがって、この再循環ポンプ一台トリップ事象の場合には、従来の原子炉水位制御装置により、原子炉水位の変動が抑制され、原子炉水位の過渡的変動が水位高トリップレベルEへ至ることがない。ところが、原子炉出力が急激に変動し、原子炉水位が大幅に変動して原子炉がスクラムする事象では、原子炉水位の過渡的変動を水位高トリップレベル以下に抑制できない場合がある。

このような場合として、例えばタービン系故障から原子炉がスクラムする事象を考察する。このとき、原子炉水位は、過渡的な原子炉圧力の上昇や原子炉スクラムにより、初期急激に低下する。

したがって、PID制御器7は、この原子炉水位の低下を回復させるため、給水流量を増加させる信号を出力する。一方、原子炉スクラムにより主蒸気流量が急速に減少するため、給水流量との偏差が大きくなる(給水流量 > 主蒸気流量)。したがって、PID制御器7は、給水流量を低減さ

て、原子炉水位を低下させる。また、主蒸気流量が増加して原子炉水位が低下した場合には、上述と逆の応答を行ない、給水流量を増加させて原子炉水位を制御する。

ここで、原子炉出力が急激に低下する事象、例えば再循環ポンプが一台トリップした事象について従来の原子炉水位制御装置の作用を説明する。

この場合、原子炉水位は、第2図および第3図の破線aに示すように、原子炉圧力低下および炉心流量低下に基づくスウェーリングによって初期上昇し、原子炉水位が原子炉水位設定値Dより高くなる。そのため、PID制御器7が給水流量を減少させる信号を出力する。また、この場合、主蒸気流量が減少して給水流量を下回り、主蒸気流量と給水流量とに偏差(給水流量 > 主蒸気流量)が生じるため、加減演算器17がこの偏差を算出する。この偏差に基づき、PID制御器7が給水流量を減少させる信号を出力させる。このようにして、給水流量が第2図および第3図の破線cで示すように減少すると、原子炉水位は、これらの図

せる信号を出力する。そのため、本来ならば、給水流量は主蒸気流量と同様に速やかに零近くまで減少すれば充分であるが、原子炉水位が過渡的に下がってしまうため、原子炉への給水をしばらく続ける。そのうち、原子炉水位が回復するに従って給水流量を急激に減少させるよう制御する。しかし、この急激な給水流量の減少にも拘らず、減少水位が水位高トリップレベル(第2、第3図中符号E)まで到達してしまうことがある。その主要な原因は、原子炉出力が低下すれば給水流量を少なくしてよいという原子炉出力と必要給水流量とのバランスを考慮した先行制御がなされていないことにある。

(発明の目的)

この発明は、上記事実を考慮してなされたものであり、原子炉出力変動が大きく原子炉水位が大幅に変動するプラント異常事象においても、原子炉水位の過渡的変動を水位高トリップレベル以下に抑制して原子炉水位の制御能力を向上させることができる原子炉水位制御装置を提供することを

目的とする。

(発明の概要)

この発明に係る原子炉水位制御装置は、原子炉水位、給水流量および主蒸気流量の信号から原子炉水位を予想し、この原子炉予想水位と原子炉水位設定値とを比較することにより必要給水流量を決定して、原子炉水位を先行的に制御するものにおいて、原子炉出力信号を入力し、上記原子炉水位、給水流量、主蒸気流量および原子炉出力の信号から必要給水流量を決定するよう構成されたものである。

(発明の実施例)

以下、この発明の実施例を図面に基づいて説明する。

第1図は、この発明に係る原子炉水位制御装置の第1実施例を示すブロック線図である。

原子炉水位検出器21にて実測された原子炉水位は、第1加減演算器23へ出力される。一方、給水差圧検出器25にて給水差圧が検出され、この給水差圧は、開平演算器27にて給水流量に換

器21から、原子炉水位信号が流量相当信号に換算されて入力される。さらに、この第4加減演算器41には、原子炉出力検出器43から原子炉出力信号(APRM信号)がフィルタ回路45を経て入力される。フィルタ回路45は、原子炉出力信号の定常的な振幅成分を除去して安定な信号とするとともに、原子炉熱出力相当の信号に変換するものである。そして、この原子炉熱出力相当信号が、流量相当信号に変換されて第4加減演算器41に入力される。

したがって、第4加減演算器41では、急激な原子炉水位の過度的変動に迅速に対応するため、PID制御器39から入力された給水指令信号に原子炉水位検出器21からの原子炉水位信号を加減して、給水指令信号を補正する。と同時に、原子炉出力の増減に給水流量の増減を対応させるべく、フィルタ回路45からの原子炉出力信号によつても給水指令信号を補正する。

第4加減演算器41にて補正された給水指令信号は閑数発生器47、49へ入力され、ターピン

停され、第2加減演算器29へ出力される。また、主蒸気差圧は主蒸気差圧検出器31にて検出され、開平演算器33にて主蒸気流量に換算され、第2加減演算器29へ出力される。第2加減演算器29は、給水流量と主蒸気流量との偏差(ミスマッチ)を計算し、この偏差を水位相当信号に換算して第1加減演算器23へ出力する。

第1加減演算器23は、給水流量および主蒸気流量の偏差と、原子炉水位検出器21からの原子炉水位とに基づいて原子炉予想水位を計算し、第3加減演算器35へ出力する。この第3加減演算器35は、原子炉水位設定器37に記憶された原子炉水位設定値と、第1加減演算器23から出力された原子炉予想水位とを比較し、その偏差を計算してPID制御器39へ出力する。PID制御器39は、第3加減演算器35から出力された偏差信号に基づいて必要給水流量を決定し、その必要給水流量を満たすべく給水指令信号を第4加減演算器41へ出力する。

この第4加減演算器41には、原子炉水位検出

駆動用原子炉給水ポンプあるいはモータ駆動用原子炉給水ポンプへの要求信号に変換される。

次に、作用を説明する。

まず、原子炉出力が急激に低下する事象、例えば再循環ポンプが一台トリップした事象における作用を説明する。

原子炉再循環ポンプ一台が停止して、第2図実験Bに示すように、原子炉出力が急激に低下すると、原子炉圧力の低下および炉心流量の低下に基づくスウェリングによって、同図実験Aに示すように、原子炉水位は初期急激に上昇し、原子炉水位設定値Dより高くなる。一方、原子炉再循環ポンプ一台が停止すると、主蒸気流量が減少し、給水流量を下回るため、主蒸気流量と給水流量との間に偏差が生ずる(給水流量 > 主蒸気流量)。この偏差が第2加減演算器29にて計算され、第1加減演算器23へ原子炉水位の上昇を予想する信号として出力される。

したがって、第1加減演算器23では、実際の原子炉水位の急激な上昇量に予想される水位の上

昇圧が加算され、大幅な原子炉水位上昇の予想信号（原子炉予想水位信号）となって第3加減演算器35へ出力される。すると、この第3加減演算器35において、原子炉水位設定値と原子炉予想水位との偏差が計算され、この偏差に基づき、PID制御器39が給水流量を減少させるべく第4加減演算器41へ給水指令信号を出力する。

第4加減演算器41には、原子炉水位検出器21から過渡的な原子炉水位信号が流量相当信号として入力されるとともに、原子炉出力検出器43およびフィルタ回路45から原子炉出力信号が流量相当信号として入力される。原子炉出力信号は第2図実線Bの如く低下しているため、この原子炉出力信号の入力により原子炉出力と必要給水流量とのバランス（原子炉出力が低下すれば給水流量は少なくてよいというバランス）が確保されることになる。したがって、PID制御器39から入力された給水指令信号は、第4加減演算器41にて給水流量の減少方向に補正され、閾数発生器47、49へ出力されることになる。

からの原子炉水位の上昇を予想する信号が、原子炉水位検出器21からの原子炉水位低下信号により全てあるいは若干相殺される。その相殺された原子炉水位信号と原子炉水位設定信号との比較が第3加減演算器35にてなされる。その結果、PID制御器39からは、給水流量をあまり変動させない給水指令信号が第4加減演算器41側へ出力されることになる。ところが、この第4加減演算器41には、原子炉出力検出器43からフィルタ回路45を経て原子炉出力信号が入力される。この場合、原子炉出力信号は、原子炉出力が急激に低下したことを示すため、第4加減演算器41は、PID制御器39から入力された給水指令信号を補正し、必要給水流量を大幅に減少させる信号を閾数発生器47、49へ出力する。

したがって、タービン系故障から原子炉がスクランムする事象の場合にも、給水流量が減少され、原子炉水位の過度的変動を充分小さく抑制することができ、原子炉水位を水位高トリップレベル（第2図符号E）以下に制御することができる。

閾数発生器47、49から給水ポンプへ要求信号が出力されると、給水は第2図実線Cの如く大幅に減少され、それに伴い、原子炉水位も第2図実線Aに示す如く大幅に低下し、その後原子炉水位設定値Dに近付く。この結果、原子炉水位の過度的変動を充分小さく抑制することができ、原子炉水位の制御能力を向上させることができる。

次に、原子炉出力が急激に変動して原子炉水位が大幅に変動する事象、例えばタービン系故障から原子炉がスクランムする事象につき、作用を説明する。

過渡的な原子炉圧力の上昇や原子炉スクランムにより、原子炉水位は初期急激に低下し、その水位信号が第1加減演算器23へ出力される。一方、原子炉スクランムにより主蒸気流量が急激に減少するため、給水流量との偏差（給水流量 > 主流）が大きくなり、その偏差が、原子炉水位の上昇を予想する信号として第1加減演算器23へ出力される。

第1加減演算器23では、第2加減演算器29

その結果、原子炉自動運転においても原子炉水位を水位高トリップレベルに対し余裕を持たせることができ、原子炉の安全性を向上させることができる。

第3図はこの発明に係る原子炉水位制御装置の第2実施例を示すブロック線図である。この第2実施例において第1実施例と同様な部分は、同一の符号を付すことにより説明を省略する。

第2実施例が第1実施例と異なるのは、原子炉出力検出器43に接続されたフィルタ回路45を第1加減演算器23に接続した点にある。この場合には、原子炉出力検出器43からの原子炉出力信号を流量相当信号に換算して第1加減演算器23へ出力する。つまり、第1加減演算器23においては、第2加減演算器29からの給水流量および主蒸気流量の偏差信号と、原子炉出力検出器43からの原子炉出力信号とを、原子炉水位検出器21からの原子炉水位信号に加減する。そして、原子炉出力を考慮した原子炉予想水位を第1演算器23にて計算し、第3加減演算器35へ出力す

る。第3加減演算器35では、原子炉予想水位と原子炉水位設定値とを比較した後、P I D制御器39から給水指令信号を出力させることになる。

但し、この場合、定常状態での信号レベルのバランスをとるために、原子炉出力信号を、主蒸気流量信号との偏差信号として第1加減演算器23へ入力し、定常状態での偏差を零とする必要がある。このため、主蒸気流量信号のゲインを変更する。

したがって、この第2実施例においても、原子炉再循環ポンプ一台トリップ事象においては、第4図の実線B示すように原子炉出力が急激に低下した際に、この出力低下に応じて給水流量を同図実線Gで示すように急激に低下させることができる。その結果、原子炉水位を第4図実線Fのように急激に低下させて、原子炉水位設定値Dに落ち付かせることができ、第1実施例と同様に原子炉水位の制御能力を向上させることができる。

また、タービン故障後原子炉がスクラムする事象を第2実施例で制御する場合には、原子炉出力

の低下に応じて第1加減演算器23にて原子炉予想水位信号を上界させ、その結果、P I D制御器39から、給水流圧を減少させる信号が出力される。故に、この事象においても、原子炉水位を充分抑制することができ、原子炉水位の過度的変動を水位高トリップレベル(第4図符号E)以下に抑制することができる。

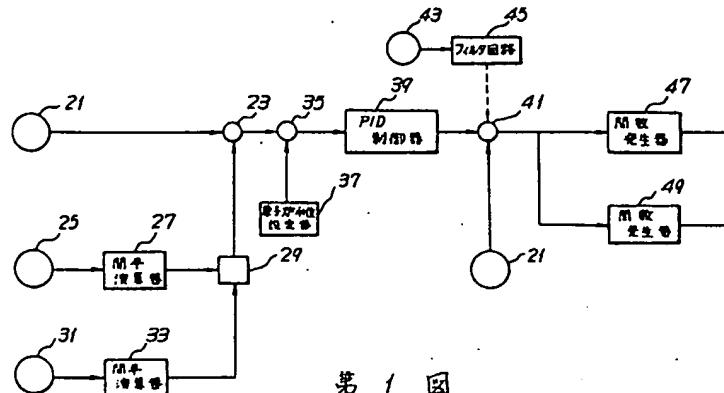
(発明の効果)

以上のようにこの発明に係る原子炉水位制御装置によれば、原子炉水位を検出し、主蒸気流量と給水流圧とのバランスを考慮し、さらに原子炉出力信号を入力して必要給水流圧を演算し、原子炉水位を先行的に制御するようにしたことから、原子炉出力が低下した時には、給水流圧を低減させることができ、原子炉出力の変動が大きく、原子炉水位の大軒な変動を伴うプラント異常事象の場合においても、原子炉水位の過度的変動を水位高トリップレベル以下に抑制することができ、原子炉水位の制御能力を向上させることができるという効果を奏する。

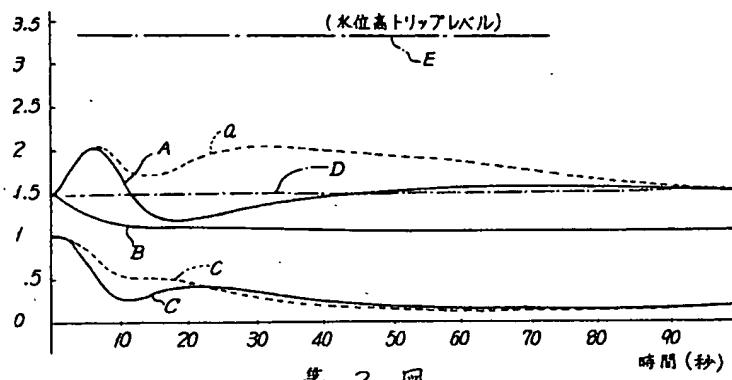
4. 図面の簡単な説明

第1図はこの発明に係る原子炉水位制御装置の第1実施例を示すブロック線図、第2図は原子炉再循環ポンプ一台トリップ事象において第1実施例で制御された原子炉水位、原子炉出力および給水流圧を示すグラフ、第3図はこの発明に係る原子炉水位制御装置の第2実施例を示すブロック線図、第4図は原子炉再循環ポンプ一台トリップ事象において第2実施例で制御された原子炉水位、原子炉出力および給水流圧を示すグラフ、第5図は従来の原子炉水位制御装置を示すブロック線図である。

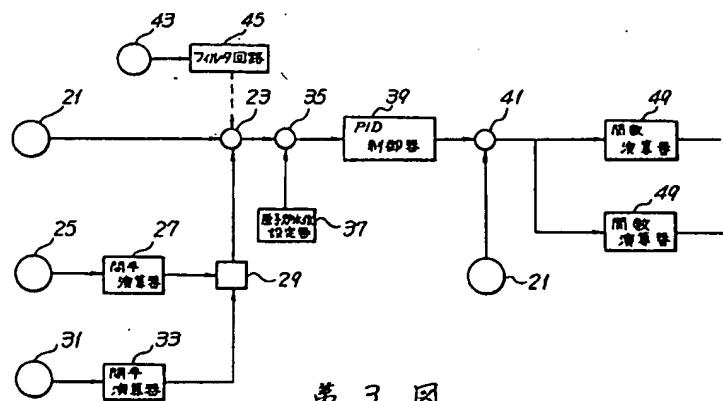
21…原子炉水位検出器、23…第1加減演算器、25…給水差圧検出器、31…主蒸気差圧検出器、35…第3加減演算器、37…原子炉水位設定器、39…P I D制御器、41…第4加減演算器、43…原子炉出力検出器、45…フィルタ回路。



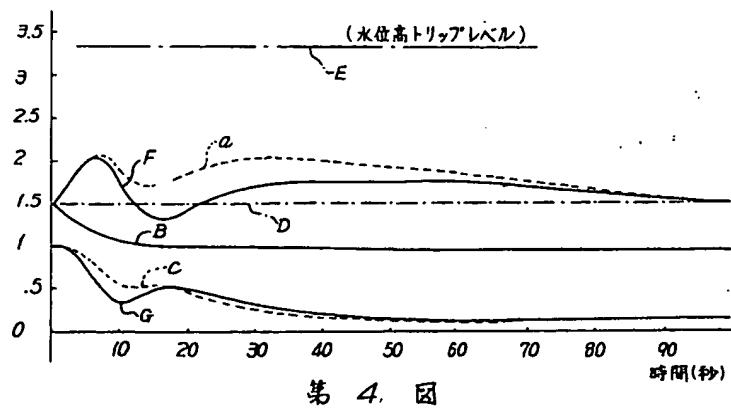
第 1 図



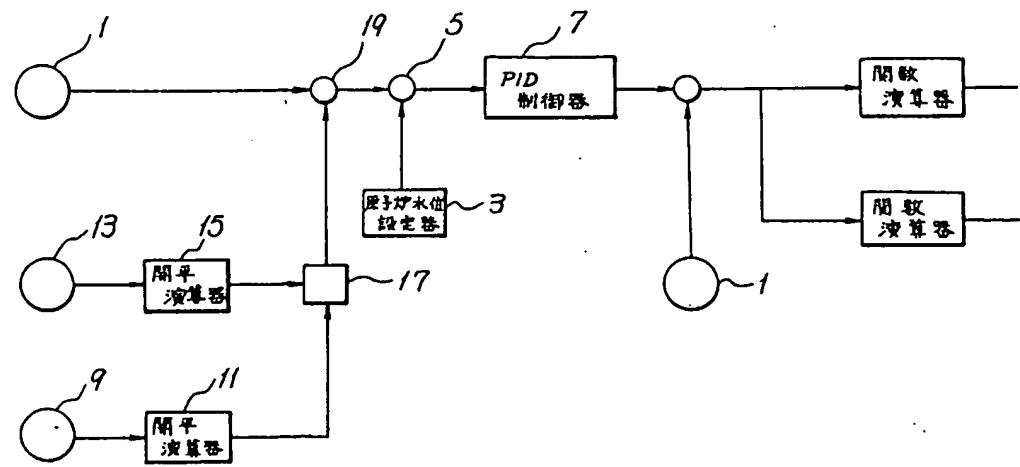
第 2 図



第 3 図



第 4 図



第 5 図